Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 3, Fall. 2020, p. 297-308

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۰۸-۲۹۷

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی کنترل علف‌های هرز بر صفات بیوشیمیایی، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه در کشت مخلوط ارقام گندم

عاطفه رضایی[1]، احسان بیژن‌زاده[2]*، علی بهپوری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸

چکیده

کشت مخلوط ارقام گندم به‌ویژه ارقامی که از نظر ارتفاع با هم اختلاف دارند موجب افزایش عملکرد می‌شود و علت این امر می‌تواند ایجاد کانوپی موج‌دار و استفاده کاراتر از منابع محیطی به‌ویژه تشعشع باشد که موجب افزایش عملکرد مخلوط نسبت به اجزای آن‌ها در کشت خالص می‌شود. این آزمایش به‌منظور مطالعه بررسی کنترل علف‌های هرز بر صفات بیوشیمیایی و عملکرد در کشت مخلوط ارقام گندم صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کنترل علف‌های هرز به مدت دو هفته در شش سطح در مراحل رشد گیاه گندم بودند که شامل: کنترل ابتدای پنجه‌زنی، کنترل ابتدای ساقه‌رفتن، کنترل ابتدای غلاف‌رفتن، کنترل ابتدای ظهور سنبله، شاهد بدون علف‌هرز و شاهد بدون کنترل علف‌هرز بود و تیمار سیستم کشت شامل: تک‌کشتی سیروان، ستاره و مخلوط ستاره و سیروان به‌صورت ردیف‌های یک در میان و به نسبت یک به یک بودند. نتایج نشان داد که اثرات کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت بر صفات کلروفیل a و b، کارتنوئید، کاتالاز، پراکسیداز، محتوای‌نسبی‌آب‌برگ، زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد دانه معنی‌دار بود. همچنین مقدار کلروفیل a، کارتنوئید و محتوای نسبی آب برگ در کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی به‌ترتیب، ۶۴/۲، ۳۸/۹۷، ۳۱/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد دارای علف‌هرز داشت و همین صفات در کشت مخلوط به‌ترتیب ۵/۲، ۷/۲ و ۱۲/۸ درصد نسبت به تک‌کشتی ستاره افزایش داشته است. به‌طور کلی حضور بیشتر علف‌های هرز باعث کاهش در میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید و افزایش در میزان آنزیم کاتالاز و پراکسیداز شد و تمامی این صفات در کشت مخلوط ارقام افزایش بیشتری را نشان داده‌اند. به‌طور کلی کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی باعث بهبود عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها شد و بیشترین عملکرد دانه در کشت مخلوط ارقام حاصل شد که نسبت به تک‌کشتی رقم ستاره ۲۹/۶ درصد افزایش داشت.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، رقم ستاره، زیست‌توده علف‌های هرز، کارتنوئید، کلروفیل a

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی روی زمین است که از زمان اهلی شدن تاکنون همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بیشترین سطح زیر کشت را در بین محصولات زراعی به خود اختصاص داده است (Emam, 2011). گندم در بسیاری از مناطق جهان غذای اصلی اکثر مردم را تشکیل می‌دهد (Shewry, 2009). در میان عوامل کاهش‌دهنده تولید گندم کشور، علف‌های هرز از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بر اساس مطالعات انجام شده میانگین خسارت علف‌های هرز مزارع گندم کشور به عملکرد دانه گندم ۲۳ درصد می‌باشد (Khalaghani, 2008). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سیستم کشت مخلوط با سایه‌اندازی و خفه کردن علف‌های هرز و در برخی موارد به‌خاطر داشتن خواص آللوپاتیک گیاهان زراعی از رشد و گسترش علف‌های هرز جلوگیری می‌کند، این در شرایطی است که استفاده از این روش زراعی کوچکترین آسیبی را متوجه اکوسیستم‌های زراعی نمی‌نماید (Sanjani *et al*., 2008).

کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار درکشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها، به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن را دنبال می‌کند (Fenandez-Aparicio *et al*., 2007). علف‌های‌هرز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی به‌ویژه در سیستم‌های تک‌کشتی هستند (Kruidhof *et al*., 2008). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۲- دانشیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۳- استادیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i3.85660

راهکارهای مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مطرح است که می‌تواند با ایجاد پوشش مناسب گیاهی در سطح زمین و اشغال سریع فضاهای باز بین ردیف‌های گیاه اصلی از جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهچه‌های علف‌های هرز جلوگیری کرده و باعث کاهش کاربرد سموم علف‌کش می‌شود (Hollander *et al*., 2007).

کاهش کاربرد سموم یکی از عرصه‌های با اهمیت برای برنامه‌ریزی توسعه پایدار کشاورزی است که از جنبه‌های دیگری چون حفاظت محیط‌زیست، بهداشت انسان، تامین درآمدهای ارزی برای اقتصاد ملی و توسعه پایدار نشات می‌گیرد. از طرف دیگر هجوم علف‌های هرز کاهش شدید عملکرد در گیاهان زراعی را موجب می‌شود (Ronald and Charls, 2012). تنش‌ها می‌توانند باعث اختلالات متابولیسمی در سلول‌های گیاهی و افزایش تولید فرم‌های فعال اکسیژن شوند (Mittler, 2002). گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال مکانیسم‌هایی مختلفی دارند، از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. آنزیم‌هایی که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن سلول نقش دارند شامل کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز می‌باشند (Amini *et al*., 2009).

کلروفیل‌ها از جمله ماکرومولکول‌هایی هستند که در شرایط تنش آسیب می‌بینند. مهم‌ترین رنگدانه جذب‌کننده نور در غشای تیلاکوئیدی کلروفیل‌ها می‌باشند. علاوه بر کلروفیل‌ها، غشاهای تیلاکوئیدی دارای رنگدانه‌های جذب نور ثانویه (رنگدانه‌های فرعی) و کارتنوئیدها می‌باشند. رنگدانه‌های‌کارتنوئیدی نور را در طول موجی جذب می‌کنند که توسط کلروفیل‌ها جذب نمی‌شوند و بنابراین گیرنده‌های نوری مکمل هستند (Ebrahimi *et al*., 2010). در مطالعه‌ای مشخص شد که طی تنش کم آبی در گندم محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد و ارقام دارای محتوای کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند (Gregersen and Holm, 2007). در پژوهشی که بر روی گندم دوروم تحت تنش خشکی انجام شد، مشخص شد که تنش میزان کلروفیل a و b را به‌ترتیب ۱۹/۸ و ۶/۹ درصد نسبت به شرایط عدم تنش کاهش داد (Hassanpour Lescokelaye *et al*., 2013).

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب‌ها، خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی توجه پژوهشگران بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف شده است. یکی از راهکارهای افزایش ثبات، ایجاد تنوع از طریق به‌کارگیری نظام‌های چندکشتی است. با توجه به پژوهش‌های اندکی که بر روی صفات بیوشیمیایی در شرایط حضور و عدم حضور علف‌های هرز به‌ویژه در کشت مخلوط ارقام صورت گرفته است، هدف از اجرای این طرح بررسی اثر کشت مخلوط ارقام گندم در شرایط کنترل علف‌های‌هرز در مراحل مختلف رشد بر صفات بیوشیمیایی، زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد دانه در مقایسه با تک‌کشتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز واقع در هفت کیلومتری شهرستان داراب با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۲۰ دقیقه با ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا انجام شد. آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از انجام آزمایش برای اطلاع از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، از خاک مزرعه در عمق ۳۰- ۰ نمونه‌برداری صورت گرفت (جدول ۱). اولین عامل در این آزمایش شامل شش دوره کنترل علف‌های هرز بود، که بدین صورت اعمال شدند. ۱- شاهد دارای علف‌های هرز در طول فصل رشد، ۲- شاهد بدون علف‌های هرز در طول فصل رشد، ۳- کنترل علف‌های هرز از ابتدای پنجه زنی به مدت دو هفته، ۴- کنترل علف‌های هرز از ابتدای ساقه رفتن به مدت دو هفته، ۵- کنترل علف‌های هرز از ابتدای غلاف به‌مدت دو هفته، ۶- کنترل علف‌های هرز از ابتدای ظهور سنبله به‌مدت دو هفته. دومین عامل سیستم کشت بود که شامل سه سطح بود که در آن دو رقم گندم نان به نام سیروان، که یک رقم نسبتاً زودرس و بهاره با متوسط ارتفاع ۹۴ سانتی‌متر است و رقم ستاره، که یک رقم زودرس و بهاره با متوسط ارتفاع ۷۴ سانتی‌متر است که به‌صورت تک‌کشتی و مخلوط ردیفی هر دو رقم کشت شدند. عملیات تهیه بستر کاشت شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و لولر بود. سپس اقدام به کرت‌بندی در ابعاد ۳×۲ متر شد و بذرها در ردیف‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متری و در عمق یک سانتی‌متری خاک با تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در مترمربع و به‌صورت دستی کشت شدند. آبیاری به‌صورت غرقابی و با استفاده از کنتور و شیلنگ صورت گرفت. بافت خاک از نوع سیلتی لومی بود. تاریخ کاشت نیز منطبق با تاریخ کاشت بهینه منطقه داراب ۱۳ آذر در نظر گرفته شد. میزان کود شیمیایی مورد نیاز، قبل از کاشت و براساس آزمون خاک (جدول ۱) تعیین شد و بر این اساس میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه مرحله اواسط پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و اوایل گلدهی مصرف گردید. همچنین نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه زراعی (پس از خمیری سخت) از یک متر مربع در اواخر اردیبهشت ماه برای تعیین عملکرد دانه گندم، انجام گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of the experimental soil

عمق خاک Soil depth (cm)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	کربن الی O.C (%)	اشباع بازی BS (%)	قابلیت هدایت الکتریکی ECe (dS m^{-1})	pH
0-15	38.12	17.18	44	0.977	8.88	1.092	7.42
15-30	38.16	17.26	44	0.970	8.93	1.090	7.54
عمق خاک Soil depth (cm)	**نیتروژن N (%)**	**فسفر P (mg kg^{-1})**	**پتاسیم K (mg kg^{-1})**	**آهن Fe (mg kg^{-1})**	**مس Cu (mg kg^{-1})**	**روی Zn (mg kg^{-1})**	**منگنز Mn (mg kg^{-1})**
0-15	0.084	54	320	5.104	1.61	0.564	14.8
15-30	0.084	58	300	7.30	1.63	0.540	14.8

اندازه‌گیری فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی

تعیین محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید در طول موج ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر و با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد و براساس معادلات ۱ تا ۳ محاسبات صورت گرفت (Arnon, 1967).

Chlorophyll *a*= (19.3× A 663-0.86×A 645) V/100W (۱)

Chlorophyll *b* = (19.3×A 645 – 3/6 × A663)V/100W (۲)

Carotenoid = (100×A470) - (3.27×mg chl. *a*) - (104 mg chl. *b*) /227 (۳)

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A= جذب نور در هر طول موج، W= وزن‌تر نمونه برحسب گرم

فعالیت آنزیم کاتالاز

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۲۴۰ نانومتر و بر اساس معادله ۴ صورت گرفت (Abei, 1984).

$$\text{Catalase activity}=\frac{\Delta\times v}{€\times vs\times FW} \quad (۴)$$

Δ=تفاوت دو جذب در دقیقه (ابتدا جذب اول و بعد از ۳ ثانیه جذب دوم را می‌خوانیم)، *v*=حجم کل عصاره برگ (میلی‌لیتر)، €= ضریب خاموشی ($€=39.4mM^{-1}\ cm^{-1}$)، *vs*= حجم نمونه برداشت شده (میلی‌لیتر)، FW= وزن تر نمونه برگ برداشت شده (گرم)

فعالیت آنزیم پراکسیداز

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر پس از سپری شدن دو دقیقه منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر و با استفاده از معادله ۵ به‌دست آمد (Abei, 1984).

$$\text{Peroxidase activity}=\frac{\Delta\times v}{€\times vs\times FW} \quad (۵)$$

Δ= تفاوت دو جذب در دقیقه (ابتدا جذب اول و بعد از ۳۰ ثانیه جذب دوم را می‌خوانیم)، v= حجم کل عصاره برگ (میلی‌لیتر)، €= ضریب خاموشی ($€=26.6\ cm^{-1}\ mM^{-1}$)، *vs*= حجم نمونه برداشت شده (میلی‌لیتر)، FW= وزن تر نمونه برگ برداشت شده (گرم).

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ

در اواخر گلدهی پس از جدا کردن برگ پرچم از گیاه، بلافاصله در آزمایشگاه این برگ‌ها توزین و وزن تر آن‌ها ثبت گردید. سپس بعد از ۲۴ ساعت درون ظرف حاوی آب مقطر نگهداری تا به حالت اشباع کامل رسیده و مجددا وزن شدند. نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۳ درجه سلسیوس قرار داده شدند و محتوای نسبی آب برگ آن‌ها از طریق معادله (۶) محاسبه شدند (Barrsu and Weatherley, 1962).

محتوای نسبی آب برگ=

۱۰۰× [(وزن خشک – وزن‌تر اشباع)]/ [(وزن خشک – وزن‌تر)] (۶)

اندازه‌گیری وزن خشک علف‌های هرز

برای تعیین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله پر شدن دانه گندم و قبل از ریزش بذر علف‌های هرز به‌وسیله یک چهارچوب نیم متر مربعی علف‌های هرز هر کرت برداشت و پس از توزین به آزمایشگاه منتقل شدند و در دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت برای تعیین وزن خشک قرار داده شدند.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد و سیستم کشت در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a، به‌ترتیب در کنترل در مرحله پنجه‌زنی و شاهد دارای علف‌هرز به میزان ۰/۵۱ و ۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه به‌دست آمد (جدول ۳). در پژوهش حاضر حضور علف‌های هرز باعث کاهش غلظت کلروفیل a شده است و کنترل در مرحله پنجه‌زنی باعث افزایش ۸۲/۱ درصدی میزان کلروفیل a نسبت به شاهد دارای علف‌هرز شد. یکی از دلایل از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش این است که می‌تواند جنبه سازگاری داشته باشد چون با

کاهش کلروفیل الکترون برانگیخته شده کاهش یافته و به‌دنبال آن خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد (Kranner *et al*., 2002). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a به‌ترتیب در تیمارکشت مخلوط و در تک‌کشتی ستاره به میزان ۰/۴۰ و ۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد (جدول ۳). تغییرات در رنگدانه‌های فتوسنتزی، علاوه بر تنش محیطی، تحت تاثیر نوع ژنوتیپ و مرحله فنولوژیکی گیاه نیز قرار دارد (Rahbarian *et al*., 2011). در پژوهش حاضر تیمار کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی سیروان و ستاره کمتر تحت تاثیر تداخل علف‌های هرز قرار گرفت و در مقابل تنش علف‌های هرز تحمل بیشتری از خودش نشان داده و باعث شده است محتوای کلروفیل آن کاهش کمتری یابد. تنش در گیاهان باعث شکل‌گیری رادیکال‌های سوپر اکسید O-2 و پراکسید هیدروژن H_2O_2 می‌شوند که گونه‌های فعال اکسیژن نامیده می‌شوند و فعالیت این گونه‌ها باعث اکسید شدن چربی‌ها و تغییر ساختار غشاء و از هم پاشیدگی و یکپارچگی آن‌ها می‌شود و در نهایت باعث تغییر ساختار پروتئین‌ها و غیر فعال شدن آنزیم‌ها و از بین رفتن رنگدانه‌هایی مثل کلروفیل‌ها می‌شود و در نهایت کاهش کلروفیل‌ها را به همراه دارد (Rahbarian *et al*., 2011). تاثیرپذیری میزان کلروفیل در گیاهان تحت تنش بسته به شدت، مدت و مرحله رشدی گیاه متفاوت است. در آزمایشی که بر روی گیاه لوبیا و در شرایط کنترل و عدم کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز صورت گرفت مشخص شد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل به‌ترتیب در تیمار کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز و تیمار عدم کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز به میزان ۰/۷۶ و ۰/۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر به‌دست آمد (Ghatari and Rozbahani, 2015). همچنین در مطالعه‌ای دیگر که بر روی گیاه گندم انجام شد مشخص شد که تنش باعث کاهش کلروفیل a گردیده و کاهش کلروفیل منجر به کاهش رشد گیاه گندم و متعاقب آن عملکرد گندم نیز کاهش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد (Ranjam *et al*., 2001).

محتوای کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس این صفت نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان محتوای کلروفیل b، به‌ترتیب در کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی و شاهد دارای علف‌هرز به میزان ۰/۱۴ و ۰/۰۷ میلی‌گرم بر وزن‌تر گیاه به‌دست آمد (جدول ۳). کنترل در مرحله پنجه‌زنی باعث افزایش ۸۸/۳۱ درصدی محتوای کلروفیل b نسبت به شاهد دارای علف‌هرز شده است. مقدار زیادی از کلروفیل b موجود در کلروپلاست در کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور در فتوسیستم II قرار دارد. پژوهشگران بیان می‌دارند که در شرایط تنش، کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور بیشتر آسیب می‌بینند که باعث کاهش شدید کلروفیل b در کلروپلاست و افزایش نسبت a به b تحت تنش‌های محیطی خواهد بود (Onsel *et al*., 2000). در پژوهشی که (Hassanpour Lescokelaye, *et al*., 2013) بر روی گندم دوروم (*Triticum durum*) انجام دادند مشخص شد که تنش باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) می‌شود. هم‌چنین نتایج پژوهش‌های (Ghatari and Rozbahani, 2015) نشان داد که کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز باعث افزایش میزان کلروفیل در برگ لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شد که این امر به سبب افزایش میزان نور جذب شده توسط برگ گیاه به دلیل رقابت کمتر با علف‌های هرز و همچنین استفاده بیشتر از منابع است که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد.

محتوای کارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس کارتنوئید نشان داد که اثر ساده مهار علف‌های هرز و سیستم کشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید به‌ترتیب در مهار در مرحله پنجه‌زنی و شاهد دارای علف‌هرز با ۱/۸ و ۱/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد (جدول ۳). مهار در مرحله پنجه‌زنی باعث افزایش ۳۸/۹ درصدی در میزان کارتنوئید شده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید به‌ترتیب در کشت‌مخلوط ارقام و تک‌کشتی ستاره با ۱/۷۷ و ۱/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه حاصل شد. القای سنتز کاروتنویدها در شرایط تنش می‌تواند به علت نقش حفاظتی آن‌ها در فرآیند فتوسنتزی باشد، زیرا این رنگیزه‌ها مسئول خاموش کردن اکسیژن یکتایی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و درنهایت، تنش اکسیداتیو هستند (Koyro, 2006). کاروتنوئیدها انرژی زیادی را از فتوسیستم به‌صورت گرما یا واکنش‌های شیمیایی بی‌ضرر دفع کرده، می‌توانند غشاهای کلروپلاستی را حفظ نمایند (Momeni *et al*., 2013). مطابق با نتایج پژوهش حاضر در آزمایشی که (Ghatari and Rozbahani, 2015) انجام دادند بیان کردند که بیشترین میزان کارتنوئید در تیمار کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز با ۰/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه و کمترین میزان این صفت در تیمار عدم کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز با ۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه حاصل شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج تجزیه واریانس آنزیم کاتالاز نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان این صفت به‌ترتیب در شاهد دارای علف‌هرز و کنترل ابتدای پنجه‌زنی به میزان ۵/۶۸ و ۲/۹۱ واحد بر دقیقه بر گرم وزن تر حاصل شد (جدول ۳). کنترل ابتدای پنجه‌زنی

باعث کاهش ۴۸/۷۶ درصدی آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد دارای علف‌هرز شده است. کاتالاز یکی از مهمترین آنزیم‌های جمع‌آوری‌کننده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌آید که افزایش فعالیت این آنزیم باعث مقاومت گیاه در شرایط تنش و در نتیجه موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود (Ye *et al*., 2000). در پژوهش حاضر کنترل زودهنگام علف‌های هرز باعث کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شد و هرچه کنترل علف‌های هرز دیرتر صورت گرفت فعالیت آنزیم کاتالاز نیز بیشتر شد. به نظر می‌رسد زمانی‌که گیاه تحت شرایط تنش (اعم از زیستی و غیرزیستی) قرار می‌گیرد رادیکال‌های اکسیژن بیشتری نسبت به حالت غیر تنش در آن ایجاد و سبب پراکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها می‌گردد. در چنین شرایطی آنزیم کاتالاز به‌عنوان آنزیم اکسیداتیو فعال شده و اولین سد دفاعی در مقابله با گونه‌های واکنش‌دهنده اکسیژن در سلول‌های گیاهان می‌باشد. حال چنان‌چه گیاه مدت زمان بیشتری در رقابت با علف هرز قرار گیرد و در کسب منابع غذایی متوجه تنش بیشتری شود رادیکال‌های اکسیژن بیشتری تشکیل شده و در نتیجه میزان کاتالاز برای مقابله با اثرات سوء تنش افزایش می‌یابد (Amini *et al*., 2009; Mittler, 2002). همچنین نتایج اثر سیستم کشت نشان داد که بیشترین و کمترین میزان آنزیم کاتالاز به‌ترتیب در کشت مخلوط ارقام و تک‌کشتی سیروان و ستاره با ۴/۱۷ و ۳/۸۸ و ۳/۶۰ واحد بر دقیقه بر گرم وزن‌تر حاصل شد و کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی سیروان و ستاره به‌ترتیب باعث افزایش ۷/۴۷ و ۱۵/۸ درصدی در آنزیم کاتالاز شده است (جدول ۳). تنش در گیاه باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود و در نتیجه باعث افزایش مقاومت در گیاه و درنهایت افزایش در عملکرد محصول می‌شود (Ye *et al*., 2000) که این امر با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. گیاهان در شرایط تنش برای مقابله با گونه‌های واکنش‌دهنده اکسیژن، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید، دیسموتاز را تشکیل می‌دهند، بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم‌ها جهت کاهش اثرات منفی ROS، منطقی به نظر می‌رسد (Gunes *et al*., 2006). همانطور که مشاهده شد در این مطالعه وجود علف‌هرز باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در کشت مخلوط ارقام گردید، بنابراین کشت مخلوط ارقام گندم می‌تواند در برابر تنش زیستی علف‌هرز مقاومت بیشتری را نسبت به تک‌کشتی هر یک از ارقام نشان دهد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس آنزیم پراکسیداز نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان آنزیم پراکسیداز به‌ترتیب در شاهد دارای علف‌هرز و کنترل ابتدای پنجه‌زنی به میزان ۵/۵۶ و ۲/۶۹ واحد بر دقیقه بر گرم وزن تر حاصل‌شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که گیاهانی که مدت‌زمان بیشتری دچار تداخل علف‌هرز بوده‌اند از میزان آنزیم پراکسیداز بیشتری نیز برخوردار بوده‌اند و کنترل علف‌های هرز در ابتدای پنجه‌زنی باعث کاهش ۵۱/۶ درصدی فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد دارای علف‌هرز شده است. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز در کشت مخلوط ارقام با ۶/۶۲ واحد بر دقیقه بر گرم وزن‌تر و کمترین میزان آن در تک‌کشتی رقم سیروان و ستاره با ۶/۱۰ و ۵/۸۲ واحد بر دقیقه بر گرم وزن تر حاصل شد و کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی سیروان و ستاره به‌ترتیب باعث افزایش ۸/۵ و ۱۳/۷ درصدی در فعالیت آنزیم کاتالاز شد (جدول ۳). ارقامی که مقاوم به تنش‌های محیطی باشند، سازوکارهایی برای مقابله با افزایش شدید گونه‌های فعال اکسیژن دارند که یکی از این راه‌کارها تجزیه و پاک‌سازی سریع گونه‌های واکنش‌دهنده اکسیژن در سلول است (Hosseinzeh *et al*., 2016). بررسی‌های مختلف نشان داده است گیاهانی که دارای سطوح بالاتری از آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند مقاومت بیش‌تری نسبت به آسیب‌های اکسیداتیو نشان می‌دهند (Wang *et al*., 2010). مطابق با نتایج پژوهش حاضر در مطالعه‌ای که (Hassanpour Lescokelaye *et al*., 2013) بر روی ارقام مختلف گندم دوروم و در شرایط تنش خشکی انجام دادند، بیان داشتند که در شرایط تنش میزان آنزیم پراکسیداز افزایش داشته و این افزایش در ارقام مختلف متفاوت بوده است. در این پژوهش نیز مشاهده گردید که در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز، کشت مخلوط با افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در مقابله با علف‌های هرز مقاومت بیشتری نسبت به تک‌کشتی هر یک از ارقام از خود نشان می‌دهد.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس محتوای آب نسبی برگ نشان می‌دهد که اثر کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان این صفت به‌ترتیب در کنترل علف‌های هرز ابتدای ساقه‌رفتن و شاهد دارای علف‌هرز به میزان ۷۳/۹ و ۵۵/۹ درصد حاصل شد، که کنترل ابتدای ساقه رفتن اختلاف معنی‌داری با کنترل علف‌های هرز در ابتدای پنجه‌زنی نشان نداده است (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که کنترل در مرحله پنجه‌زنی باعث افزایش ۳۲/۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ گندم نسبت به شاهد دارای علف‌هرز شده است. محتوای نسبی آب برگ در واقع به‌عنوان شاخصی برای نشان دادن آسیب‌های ناشی از تنش محسوب می‌شود. محتوای نسبی آب برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه، افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (Farooq *et al*., 2009). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در آزمایشی که (Neyestani *et al*., 2017) بر روی ژنوتیپ‌های گندم نان در حضور علف‌های هرز و شرایط آبیاری

تکمیلی انجام دادند مشخص شد که ژنوتیپ‌های گندمی که قدرت رقابتی بالاتری با علف‌های‌هرز داشتند از محتوای نسبی آب برگ بیشتری نیز برخوردار بودند. نتایج اثر سیستم کشت بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که بیشترین و کمترین میزان این صفت به‌ترتیب در کشت مخلوط ارقام و تک‌کشتی ستاره به میزان ۷۳/۶۸ و ۶۵/۲۷ درصد حاصل شد (جدول ۳). مطابق با نتایج پژوهش حاضر در بررسی کشت مخلوط سیاهدانه و شنبلیله مشخص شد که توزیع متفاوت ریشه‌دهی دو گیاه و بهره‌برداری بهتر از رطوبت خاک منجر به دسترسی به رطوبت بیشتر در آرایش‌های کشت مخلوط گیاهان شنبلیله و سیاهدانه شده است و همین امر موجب بررسی وضعیت رطوبتی تیمارهای مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی شده است (Kakulond *et al*., 2015).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات کنترل علف¬های هرز و سیستم کشت بر صفات بیوشیمیایی، زیست‌توده علف¬های هرز و عملکرد دانه

Table 2- Results of analysis of variance of weed control effect and cropping system on biochemical traits, weed biomass and grain yield of wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیلa Chlorophyll a	کلروفیلB Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	زیست‌توده علف‌های هرز Weed biomass	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	0.00071^{ns}	0.000150^{ns}	0.07283**	0.33224^{ns}	4.37524**	14.5132^{ns}	3628.41**	682159.19^{ns}
کنترل علف‌هرز Weed control	5	0.06790**	0.005501**	1.12787**	26.3897**	18.4957**	967.6164**	161201**	15575148.9**
سیستم کشت Cropping system	2	0.00186*	0.000430^{ns}	0.06851**	1.45120**	2.49140**	410.1152**	7233.08**	3995706.02**
کنترل علف‌هرز × سیستم کشت Weed control× Cropping system	10	0.00009^{ns}	0.000194^{ns}	0.00265^{ns}	0.07515^{ns}	0.05961^{ns}	31.7429^{ns}	1131.20**	1333024.57^{ns}
خطا Error	34	0.00042	0.000249	0.00801	0.12445	0.0893	15.9888	346.31	744940.1
ضریب تغییرات CV (%)		5.2	15.7	5.2	9.1	7.8	5.6	16.1	23.5

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح ۱درصد می‌باشند.

ns,* and **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

زیست‌توده علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس زیست توده علف‌های هرز نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت و هم‌چنین برهمکنش کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر این اساس بیشترین و کمترین وده علف‌های هرز به‌ترتیب در شاهد دارای علف‌هرز و تک‌کشتی ستاره و کنترل در مرحله ظهور سنبله و کشت مخلوط ارقام به میزان ۳۸۴ و ۶ گرم بر متر مربع حاصل شد (شکل ۱). می‌توان نتیجه گرفت که هرچه شروع کنترل علف‌های هرز دیرتر انجام گیرد وزن خشک علف‌های هرز پس از کنترل کمتر خواهد بود. بنابراین کنترل در مراحل اولیه رشد، بهترین نتیجه را از لحاظ حفظ عملکرد دانه ارائه داد. لازم به ذکر است که چون در پایان فصل رشد، در تیمار کنترل تمام فصل هیچ علف هرزی برای اندازه‌گیری وجود نداشت، در شکل ۱ تیمارهای دیگر مورد بررسی قرار گرفت و از قرار دادن میزان صفر این تیمار در شکل چشم‌پوشی شد.

به نظر می‌رسد تداخل در رشد، به علت رقابت در مراحل اولیه، می‌تواند بر عملکرد گندم خسارت وارد کند که نتایج این پژوهش با نتایج (Pazuki-torudi, 2007) بر روی کنترل علف‌های هرز گندم مطابقت دارد. مهمترین علف‌های هرز باریک برگ در مزرعه یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) و چچم (*Lollium perenne*) و فالاریس (*Phalaris minor* Retez) بودند و علف‌های هرز پهن برگ خردل وحشی (*Sinapis arvencis* L.) و پیچک‌صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) و شاتره (*Fumarium officinalis* L.) بودند. نتایج نشان داد که کشت مخلوط ارقام نسبت به تک‌کشتی

ستاره و سیروان به‌ترتیب ۲۹/۶ و ۲۱/۲۵ درصد کاهش در زیست‌توده علف‌های هرز داشته است. در مطالعه‌ای که بر روی کشت مخلوط گندم با بقولات انجام شد نیز مشخص شد که علف‌های هرز موجود در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی گندم به مراتب کمتر است (Sarunaite *et al*., 2010). همچنین در پژوهشی دیگر که بر روی کشت مخلوط ذرت (*Zea mayz* L.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) انجام شد، مشخص شد که کشت مخلوط به دلیل استفاده موثرتر از منابع و پوشش کاملتری که ایجاد می‌کند از طریق رقابت باعث کاهش بیشتر در رشد علف‌های هرز می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد (Ghanbari *et al*., 2006).

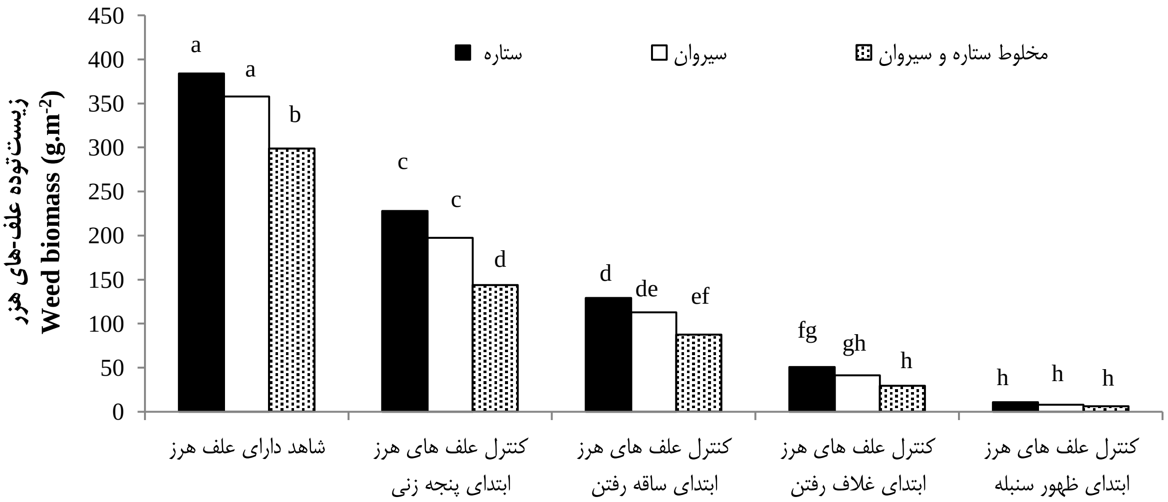
جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده مهار علف‌های هرز و سیستم کشت بر صفات بیوشیمیایی، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه در گندم

Table 3- Mean comparison of simple effects of weed control and cropping system on some biochemical traits, relative leaf water content and grain yield in wheat

Treatment	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}Fw$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}Fw$)	کارتنوئید Carotenoid ($mg.g^{-1}Fw$)	کاتالاز Catalase ($U/min^{-1}.g^{-1}.Fw$)	پراکسیداز Peroxidase ($U/min^{-1}.g^{-1}.Fw$)	محتوای نسبی آب‌برگ Relative water content (%)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.h^{-1}$)
کنترل علف‌های هرز Weed control							
شاهد کنترل علف‌هرز Weedy check	0.28^{f}	0.07^{d}	1.36^{d}	5.68^{a}	5.55^{a}	55.92^{d}	2399.6^{c}
شاهد بدون کنترل علف هرز Weed free	0.51^{a}	0.14^{a}	2.29^{a}	1.2^{d}	1.80^{d}	86.52^{a}	5592.3^{a}
کنترل علف‌های هرز ابتدای پنجه‌زنی Weed control at tillering	0.46^{b}	0.11^{b}	1.89^{b}	2.91^{c}	2.69^{c}	73.28^{b}	4921.4^{a}
کنترل علف‌های هرز ابتدای ساقه رفتن Weed control at stem elongation	0.42^{c}	0.09^{bc}	1.82^{b}	3.35^{c}	3.73^{b}	73.91^{b}	3560.6^{b}
کنترل علف‌هرز ابتدای‌غلاف رفتن Weed control at booting	0.37^{d}	0.08^{cd}	1.52^{c}	4.58^{c}	4.10^{b}	71.51^{b}	2912.1^{bc}
کنترل علف‌هرز ابتدای ظهور سنبله Weed control at ear emergence	0.31^{e}	0.08^{cd}	1.40^{d}	5.54^{a}	5.18^{a}	63.54^{c}	2578.4^{bc}
سیستم کشت Cropping system							
(Setareh) ستاره	0.38^{b}	0.09^{a}	1.65^{b}	3.60^{b}	3.51b	65.27^{b}	3172.8^{b}
(Sirvan) سیروان	0.39^{ab}	0.10^{a}	1.72^{ab}	3.88^{ab}	3.78b	73.39^{a}	3696.4^{ab}
مخلوط سیروان و ستاره Mix cropping of Setareh and Sirvan	0.40^{a}	0.10^{a}	1.77^{a}	4.17^{a}	4.24a	73.68^{a}	4113.1^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون برای هر تیمار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and treatment followed by similar letters are not significantly different at 1% probability level using LSD test.



شکل ۱- اثر متقابل کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت بر زیست‌توده علف‌های هرز (میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند).

Figure 1- Interaction of weed control and cropping system on weed biomass (Means with similar letters have not significant difference based on LSD ($p\leq 0.01$) test.

عملکرد دانه

نتایج آنالیز داده‌های عملکرد دانه نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و سیستم کشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). نتایج اثر کنترل علف‌های هرز نشان داد که بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه در کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی به میزان ۴۹۲۱/۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین میزان این صفت در تیمار تداخل تمام فصل به میزان ۲۳۹۹/۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌طور کلی کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی نسبت به تداخل تمام فصل باعث افزایش ۵۱/۲۴ درصدی عملکرد دانه شده است (جدول ۳). با توجه به این‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار کنترل در کل دوره حاصل شد بنابراین این تیمار، بهترین تیمار در این پژوهش بود. چرا که عدم حضور علف‌های هرز به‌عنوان عامل رقابتی در کسب منابع، رشد و فتوسنتز، به گیاه فرصت کافی برای انباشت بهینه مواد پرورده در دانه را داد. در نهایت با مقایسه و بررسی تیمارهای کنترل در مراحل مختلف نتیجه گرفته شد که بهترین تیمار بعد از کنترل در کل فصل، تیمار کنترل در مرحله پنجه‌زنی بوده است. در مطالعه‌ای که (Pazuki-torudi, 2007) بر روی تداخل و کنترل علف‌های هرز گندم انجام داد بیان کرد که بیشترین عملکرد دانه گندم در مهار در مرحله پنجه‌زنی حاصل شد که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد. نتایج اثر سیستم کشت نشان داد که بیشترین میزان این صفت در کشت مخلوط ارقام به میزان ۴۱۱۳/۳ کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمد و کمترین میزان آن هم در تک‌کشتی رقم ستاره به میزان ۳۱۷۲/۸ کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به مطالعاتی که (Westone *et al*., 2002) انجام دادند مشخص شد که سیستم‌های تک‌کشتی غلات منجر به کاهش عملکرد می‌شود، بنابراین کاشت این گیاهان به‌صورت مخلوط می‌تواند موجب افزایش عملکرد شود. در پژوهشی که بر روی گندم و بقولات انجام شد، مشخص شد که عملکرد گندم در کشت مخلوط گندم با بقولات در مقایسه با کشت خالص آن‌ها به مراتب در سطح بالاتری قرار دارد (Sarunaite *et al*., 2010). در مطالعه‌ای که (Nazeri *et al*., 2004) بر روی کشت مخلوط ارقام گندم انجام دادند، مشخص شد که عملکرد دانه در تیمار مخلوط با میزان بذر مناسب نسبت به کشت خالص در همان میزان بذر ۱۵ تا ۲۳ درصد برتری داشت. در پژوهش حاضر نیز کشت مخلوط ارقام نسبت به تک‌کشتی سیروان و ستاره به‌ترتیب، ۱۱/۲ و ۲۹/۶ درصد افزایش در عملکرد دانه داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کشت مخلوط ارقام گندم می‌تواند در کنترل و رقابت با علف‌های هرز موفق‌تر از تک‌کشتی عمل کند به نحوی که زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط کاهش بیشتری را نشان داده است. کشت مخلوط در کنترل علف‌های

هرز نسبت به تک‌کشتی ستاره ۲۹/۶ درصد و نسبت به تک‌کشتی سیروان ۲۱/۲۵ درصد کاهش در زیست‌توده علف‌های هرز داشته است. نتایج اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی نشان داد که آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به‌ترتیب در کنترل علف‌های هرز ابتدای پنجه‌زنی ۴۸/۷۶ و ۵۱/۶ درصد نسبت به شاهد دارای علف‌هرز کاهش داشته است و همچنین این صفات در کشت مخلوط ارقام به‌ترتیب ۱۵/۸ و ۱۳/۷ درصد نسبت به تک‌کشتی ستاره افزایش داشته است. به نظر می‌رسد در این مطالعه کشت مخلوط ارقام نسبت به تک‌کشتی آن‌ها در مقابل تنش‌زیستی علف‌های هرز مقاوم‌تر بوده است و باعث افزایش میزان آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و محتوای نسبی آب برگ بیشتر در شرایط حضور علف‌های هرز و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه شده است به گونه‌ای که کشت مخلوط ارقام در مواجهه با علف‌های هرز می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت استفاده بهینه از عوامل محیطی برای ایجاد پایداری و ثبات تولید به‌طور قابل ملاحظه‌ای موثر باشد. به نظر می‌رسد یکی از علت‌های اصلی و مهم در افزایش عملکرد در این مطالعه افزایش تعداد سنبله در متر مربع و هم‌چنین سایه‌انداز موجی شکل ایجاد شده ناشی از اختلاف ارتفاع دو رقم است که باعث افزایش کارآیی در بهره‌گیری از نور می‌شود. هم‌چنین بهترین زمان مهار علف‌های هرز مرحله پنجه‌زنی بوده است که باعث کاهش ۱۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به مهار تمام فصل زراعی شده است و نسبت به سایر تیمارها کمترین کاهش عملکرد را نشان داده است.

References

1. Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.
2. Amini, Z., Haddad, R., and Moradi, F. 2009. The effect of water deficit stress on antioxidant enzymes during generative growth stages in Barley (*Hordeum vulgare* L.). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12: 65-74. (in Persian with English abstract).
3. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Journal of Agronomy 23*:*112-121.
4. Barrsu, H. D., and Weatherley, P. E. 1962. Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal Biological Science 15: 413-4280.
5. Ebrahimi, A., Naqvi, M. R., and Sabokdast, M. 2010. Comparison of different species barely landraces in Disactivity and induces enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in Arabidopsis Thaliana. Journal of Plant Science 158: 115-127. (in Persian).
6. Emam, Y., and Niknejad, M. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. Shiraz. (in Persian).
7. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Barsa, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Journal of Agronomy and Sustainable Development 29: 185-212.
8. Fenandez-Aparicio, M., Sillero, J. C., and Rubials, D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by Orobanche crenata in legumes. Crop protection 26: 1166-1172.
9. Ghanbari, A., Ghadiri, H., and Jowkar, M. 2006. The effect of intercropping of corn (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) on weed control. Pajouhesh and Sazanaegi 19 (4): 193-199. (in Persian).
10. Ghatari, A. S., and A. Roozbahani. 2015. Chemical and mechanical weed control methods and their effects on photosynthetic pigments and grain yield of kidneybean. Journal of Crop Ecophysiology 9 (3): 461-476. (in Persian with English abstract).
11. Gregersen, P. L., and Holm, P. B. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Journal of Plant Biotechnology 5: 192-206.
12. Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post and thesis stages and its relations with nutrient uptake & efficiency. Journal of Plant Soil Environ 52: 868-876.
13. Hassanpour Lescokelaye, K., Ahmadi, J., Daneshyan, J., and Sedighe, H. 2013. Journal of Crop Breeding 7: 76-87. (in Persian with English abstract).
14. Holander, N. G., Bastiaans, L., and Kropff, M. J. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design Characteristics of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 92-103.
15. Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthesis characteristics of chickpea (*Cicer arientinum* L.) under drought stress-photosynthtica. In Vironment Stress In Crop Sciences 54: 7-92. (in Persian).
16. Kakoulond, R., Fallah, S. A., and Abasi- Suraki, A. 2014. The effect of competition on photosynthetic pigments, proline, relative water content, and essential oil content of fenugreek (*Trigonella fenum graceum* L.) and black seed (*Nigella sativa* L.), on drought stress conditions. Journal of Function and the Process 6 (189): 255-270. (in Persian).
17. Khalaghani, J. 2008. Advanced study for estimation of yield loss due to weeds in wheat fields. Final report of project, Iranian Research Institute of Plant Protection 76pp. (in Persian).
18. Koyro, H. W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* L. Environmental and Experimental Botany 56: 136-149.

19. Kranner, I., Beckett, R. P., Wornik, S., Zorn, M., and Pfeifhofer, H. W. 2002. Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant status. The Plant Journal 31:13-24.
20. Kruidhof, H. M., Bastiaans, L., and Kropff, M. J. 2008. Ecological weed management by cover cropping: Effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. Weed Research 48: 492-502.
21. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science 7: 405-416.
22. Momeni, N., Arvin, M. J., Khajoinejad. G. R., Keramat, B. M., and Daneshjo, F. 2013. Effects of sodium chloride, and salicylic acid on photosynthetic indexes and mineral nutrition of corn. Journal of Plant Biology15: 15-30. (in Persian with English abstract).
23. Nazeri, M., Beheshti, A., Zarefizabadi, A., and Hashemi, H. 2004. Effect of mixed cropping with different seeding rate on yield and agronomic traits of weed cultivars. In: Proceeding of 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding. University of Gilan, Iran.
24. Neyestani, E. H., Ameri, A. A., and Heydari, M. 2017. Evaluation of competitiveness of different wheat genotypes with weeds and their quantities changes in rainfed and supplementary irrigation. Journal of Plant Ecophysiology 38: 162-173. (in Persian with English abstract).
25. Oncel, I., Keles, Y., and Ustun, A. S. 2000. Interactive of temperature and heavy metal stress on the growth and some biological compounds in wheat seedling. Environmental Pollution 107: 315-320.
26. Pazouki-Troudi, M. 2008. Determination of critical period of weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mazandaran province (Sari region). Master Thesis, Sari, Mazandaran. (in Persian with English abstract).
27. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A. R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biological Cracoviensia Series Botanica 53 (1): 47-56.
28. Ranjan, R., Bohra, S. P., and Jeet, A. M. 2001. Plant senescence. Jodhpur. Agrobios Pub. New York 252 P.
29. Ronald, M., and Charles, K. 2012. Weed suppression and component crops response in maize/pumpkin intercropping systems in Zimbabwe. Journal of Agricultural Science 4: 231-236.
30. Sanjani, S., Hosseini, M. B., Chaichi, M. R., and Rezvan Beidokhti, S. 2008. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Agriculture Research 7: 85-95. (in Persian with English abstract).
31. Sarunaite, L., Deveikyte, I., and Kadziuliene, Z. 2010. Intercropping spring wheat with grain legume for increased production in an organic crop rotation. Agriculture 97 (3): 51-58.
32. Shewry, P. R. 2009. Wheat. Journal of Experimental Botany 60: 1537-1553.
33. Wang, W. B., Kim, Y. H. S., Lee, H., Kim, K. Y., Deny, X. P., and Kwak, S. S. 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stress. Plant physiology and Biochemistry 47: 570-577.
34. Westone, E. J., King, A. J., Strong, W. M., Lehan, K. J., Cooper, J. E., and Holmes, C. J. 2002 Sustaining productivity of a vertisoil at warra. Queens land, with fertilizers, no-tillage or legumes. Production and nitrogen benefits from annual medic in rotation with wheat. Experimental Agriculture 42: 961-696.
35. Ye, Z., Rodriguez, R., and Tran, A. 2000. The development transition of flowering represses ascorbate peroxidase activity and induces enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in Arabidopsis thaliana. Plant Science 158: 115-127.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 3, Fall. 2020, p. 297-308

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۰۸-۲۹۷

Evaluation of Weed Control on Biochemical Characteristics, Relative Water Content, and Grain Yield of Mixed Cropping of Wheat Cultivars

A. Rezaie[1], E. Bijanzadeh[2*], A. Behpouri[3]

Received: 19-03-2020
Accepted: 19-10-2020

Introduction

Wheat is the most important crop in the world, which has always been of particular importance since its domestication and has the highest cultivated area among crops. Wheat is the main food of most people in many parts of the world. Among the factors that reduce wheat production, weeds are of particular importance and according to the studies; the average weed damage in wheat fields is 23%. Mixed cropping systems based on carefully designed species mixtures reveal many potential advantages in terms of enhancing crop productivity, reducing pest and weed interference. Recently, mixed cropping of wheat cultivars by different morphological characteristics is a suitable approach in increasing crop productivity especially under biotic stress conditions. This study aimed to investigate the effect of weed control on some biochemical traits, relative leaf water content and grain yield of mixed cropping of wheat cultivars.

Materials and Methods

In order to study the effect of weed control on biochemical traits and yield in mixed cropping of wheat cultivars, a field experiment was laid out as randomized complete block design with three replications in Research Station of Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University, in 2018-2019 growing season. Experimental treatments consisted of six levels of weed control including weed control at tillering, stem elongation, booting and ear emergence stages, weed-free and weedy check and cropping system consisted of Sirvan monoculture, Setareh monoculture, and mixed row intercropping of Sirvan and Setareh which were in a ratio of row one to one. The sowing date was 4th Dec in 2018 and harvest date was 19th Jun 2019. At late flowering stage, chlorophyll a and b content, carotenoid content, catalase and peroxidase activity, relative water content and weed biomass was measured. In addition, at physiological maturity grain yield were determined by one square meter quadrat.Finally, data were analyzed by SAS ver 9.1 software and the means were compared by LSD test at 5% probability levels.

Results and Discussion

The results showed that the simple effects of weed control and cropping system had significant effect on chlorophyll a and b, carotenoid content, catalase and peroxidase activity, relative water content, weed biomass and grain yield . The amount of chlorophyll a, carotenoid and relative water content of leaf, catalase and peroxidase in weed control at tillering stage were 64.2, 38.97, 31.4, 93.10 and 88%, respectively, compared to weedy check and these traits in mixed cropping increased by 5.2, 7.2, 12.8, 15.8 and 20.7%, compared to Setareh monoculture, respectively. Also, weed biomass in mixed cropping decreased by 29.6% compared to Setereh monoculture. The highest grain yield was observed in mixed cropping of Sirvan with Setereh which had 29.6% increase compared to Setareh monoculture and the best time to weed control was at the tillering stage because it had the lowest reduction in grain yield compared to weed free treatment.

Overall, weed control at late-season especially at ear emergence would be less effective in crop productivity while weed control at early growth stages and before flowering provided the best crop performance in terms of photosynthetic pigments and grain yield.

Conclusions

It seems that mixed cropping of wheat cultivars could be effective in weed competition compared to monoculture, so that weed biomass in mixed cropping decreased especially at tillering and only 11.9% grain yield was reduced compared to weed-free control. Overall, when plants exposed to weed interference up to late growth stages, chlorophyll a and b content and carotenoid content decreased while catalase and peroxidase activity and weed biomass increased, significantly. Also, mixed cropping treatment weed interference increased

1- MSc. Student of Agroecology, Department of Agroecology, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University
2- Associate Professor, Department of Agroecology, Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University
3- Assistant Professor, Department of Agroecology, Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University
(*- Corresponding Author Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)

catalase and peroxidase activities and relative water content and caused grain yield increasing compared to monoculture.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll a, Peroxidase, Setareh cultivar, Weed biomass